

受験職種	研究職（金属B）
------	----------

得点	※
----	---

地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所
研究職（金属B） 専門試験

（注 意 事 項）

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。指示に従わない、また、試験中にICレコーダーや携帯電話等を使用するなどの不正行為を行った場合は、失格として直ちに退室していただきます。
2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）
3. 問題は、全部で7問あります。解答時間は、計2時間20分です。
4. 棄権するとき、気分が悪くなったときを除き、途中退室はできません。棄権するときには、試験用紙を必ず試験係員に提出し、確認を受けてください。こちらから渡したものは、一切持って退出してはいけません。
5. 気分が悪くなった方は、試験係員に申し出て、指示に従ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません

整理番号
※

整理番号
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職（金属B）

受験番号

氏名

【 余 白 】

金属B問題用紙

問題 1 膜厚の定義として、接触式の表面粗さ計や、段差測定器による測定、顕微鏡による断面観察像から求める形状膜厚の他に、質量膜厚、物性膜厚がある。次の(1)および(2)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 真空蒸着により、ある金属膜 (バルク密度 7.0g/cm^3) をガラス基板上に形成した。膜形成による増加質量を測定したところ、 1.0mg であった。基板の大きさは、 2.0cm 角の正方形である。この金属膜の質量膜厚は何 μm か。小数点以下第 3 位を四捨五入して、小数点以下第 2 位まで求めなさい。

(2) ある金属の薄膜抵抗を作製した。長さは 1.0cm 、幅は 0.10mm である。抵抗値を測定したところ 0.3Ω であった。この金属の抵抗率は $2.0 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ である。この薄膜の物性膜厚は何 μm か。小数点以下第 2 位を四捨五入して、小数点以下第 1 位まで求めなさい。

金属B解答用紙

問題 1 解答欄

(1)	
(2)	

金属 B 問題用紙

問題 2 次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) X線回折は、結晶性物質の結晶構造を調べる有力な手段であり、用いる X 線の波長 λ 、対象物質の回折結晶面の面間隔 d 、回折角 θ の間にブラッグの関係式が成り立つことを利用している。図 2-1 はブラッグの関係式を満たす X 線散乱の様子を模式的に示したもので、第 1 原子面と第 2 原子面で散乱した X 線の内、角度 θ で示した特定の方向に散乱した X 線は、その行路差(PQ+QR)が X 線の波長の整数倍となり強め合う様子を示したものである。図 2-1 も参考にしながら、整数を n として X 線回折に関するブラッグの関係式を表しなさい。

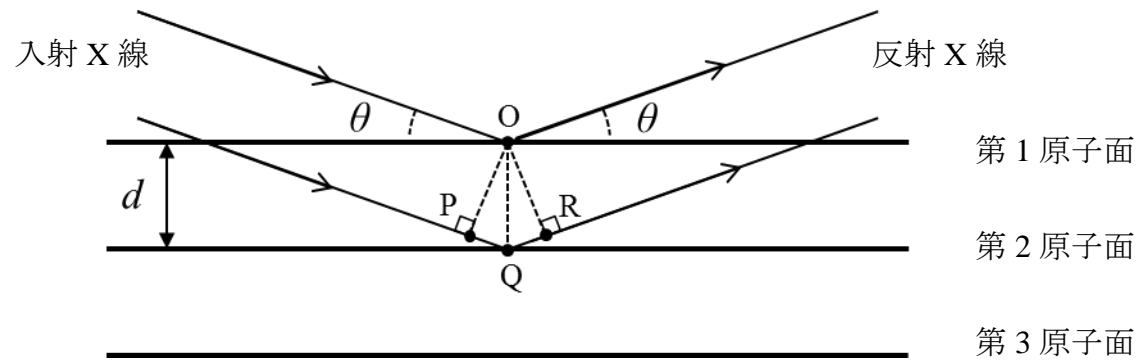


図 2-1 X 線のブラッグの回折条件を示す模式図

(2) 波長 0.154nm の X 線を用いた X 線回折の実験により、面心立方構造である金属のミラー指数(111)面の面間隔が 0.234nm であることがわかった。この金属の格子定数 a はいくらになるか計算しなさい。ただし $\sqrt{3}$ は 1.73 として計算し、計算結果を有効数字 3 桁で答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。

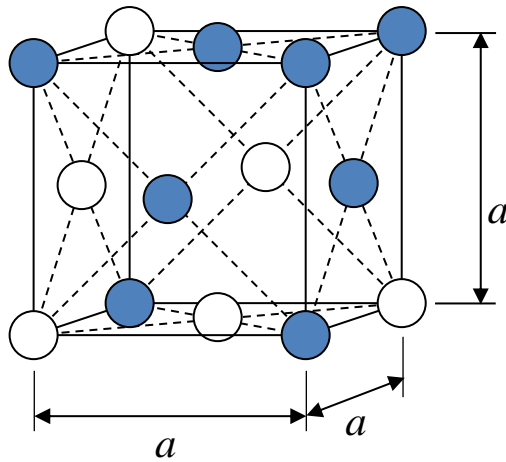


図 2-2 面心立方構造(格子)の単位格子のモデル図(ただし、丸印は原子を表し、白丸印は(111)面上の原子を表している)

(3) 図 2-3 にモデル的に示した結晶構造(格子)の名称をブラベー格子の名称で答えなさい。ただし、実線で示した 6 面体は立方体であるとする。

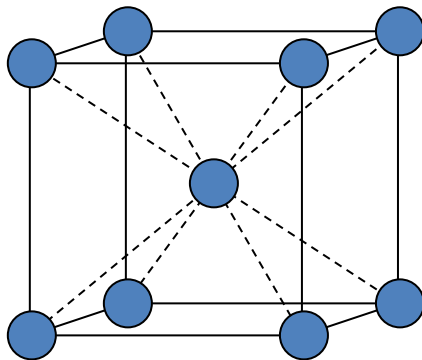


図 2-3 結晶構造(格子)の単位格子のモデル図(ただし、丸印は原子を表す)

金属 B 解答用紙

問題 2 解答欄

(1)	
(2)	(計算過程)
	(答え)
(3)	

金属 B 問題用紙

問題 3 トライボロジー(摩擦)に関する次の(1)から(3)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 図 3 に示すように、鋼制定盤の上に鋼製ブロック(質量 m) が置かれており、ブロックに結びつけられた紐により水平方向に力 F を作用させる場合を考える。力 F を時間 t の関数として、

$$F(t) = Ct^2 \quad (C \text{ は正の定数})$$

のように変化させたとき、 $t=T$ においてブロックは動き始めた。定盤からブロックに作用する摩擦力 F_L の変化として最も適切なものは①から⑥のうちどれか答えなさい。ただし、定盤とブロックの間の摩擦はクーロン摩擦と仮定する。

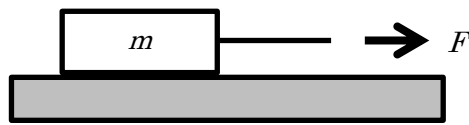
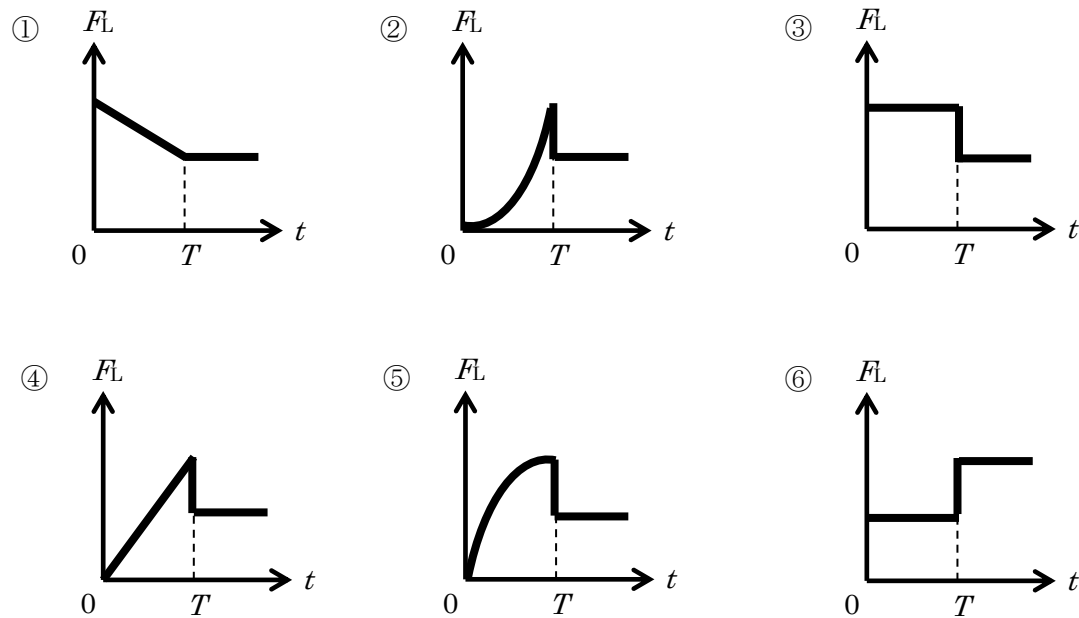


図 3 定盤とブロックの概略図



(2) 摩擦力 F_L の種類には静摩擦力と動摩擦力がある。(1)で選択した図と同じものを解答欄に描き、その図中に静摩擦力および動摩擦力のそれぞれの箇所あるいは範囲がどの位置であるかを示しなさい。

(3) 定盤表面に、a)DLC コーティング、b)窒化処理、c)浸炭焼入れの 3 種類の処理をそれぞれに行い、各定盤上でブロックを滑らせて摩擦力を測定したところ、ある時点では a)DLC コーティングの場合 7.50N、b)窒化処理の場合 2.80N、c)浸炭焼入れの場合 3.20N であった。ブロックに作用する重力を 4.90N とするとき、それぞれの摩擦係数 μ がいくらになるか答えなさい。なお、計算過程も示し、答えは小数点以下第 3 位を四捨五入しなさい。また、計算結果より、 μ がもっとも低い値になるのは a) から c) の内どれであるかを答えなさい。

金属 B 解答用紙

問題 3 解答欄

(1)		
(2)		
(3)	a)	(計算過程)
		(答え)
	b)	(計算過程)
		(答え)
	c)	(計算過程)
		(答え)
		(μ がもっとも低い値になる処理)

金属 B 問題用紙

問題 4 金属材料の強度、強化に関する次の(1)および(2)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

- (1) ある一定温度条件下で、ある鋼の結晶粒径 d と降伏応力 σ_{YS} の関係を調べたところ、結晶粒径が $160\mu\text{m}$ (0.16mm) のとき降伏応力は 212.5MPa で、結晶粒径 $40\mu\text{m}$ (0.04mm) のとき 275MPa であった。結晶粒径と降伏応力の間にホールペッチの式 ($\sigma_{YS} = \sigma_0 + k \cdot d^{-1/2}$ 、ただし k は比例定数) が成り立つとすれば、この場合の k および σ_0 がいくらになるか答えなさい。なお、計算過程も記入しなさい。
- (2) 転位の運動を阻害するという観点から考えた場合、金属材料には 4 つの強化方法があるといわれており、結晶粒微細化は金属材料強化方法の 1 つであるが、結晶粒が微細な金属材料を製造する具体的方法を、例として 2 つ説明しなさい。

金属 B 解答用紙

問題 4 解答欄

(1)	(計算過程)
	(答え)
(2)	(方法 1)
	(方法 2)

金属B問題用紙

問題5 次のAからEの分析法に関する説明文中の(a) から (e) に当てはまる最も適切と思われる語句を、下のI群の中から選び、その番号を解答欄に記入しなさい。また、AからEの分析法を、下のII群の中から選び、その番号を解答欄に記入しなさい。

- A MeV に加速されたイオンの散乱現象を利用する分析法で、入射イオンにより(a)された元素そのものを検出する。入射イオンより質量の小さな元素、特に水素原子の検出に有効な方法。DLC 膜中の水素濃度を分析する方法としてよく用いられている。
- B 試料に X 線を照射し、(b)により発生する光電子の運動量分布あるいは運動エネルギー分布、さらにはその角度分布などを測定して物質の化学的状態を調べる方法。
- C 試料に電子線を照射し、試料表面から放出される(c)の運動エネルギーを計測することで、試料表面を構成する元素とその組成、化学結合状態を分析する方法。(c)がエネルギーを保持して試料から出てこられる深さが数 nm しかないため、分析対象は試料の表面数 nm となる。
- D 高エネルギーのイオンビームを試料表面に照射し、(d)により発生する試料の二次イオンを直接質量分析器にかけて元素分析する方法。
- E 試料を陰極として、対向する陽極との間をアルゴン雰囲気中に保ちながらグロー放電プラズマを発生させ、アルゴンイオンでスパッタされた試料表面の原子を、プラズマ中で励起・(e)させて、それを分光計測して元素分析を行う方法。表面分析や迅速な深さ方向分析が行える。

I 群

- | | | | |
|----------|--------|-----------|-----------|
| ① 蛍光 | ② 後方散乱 | ③ コンプトン効果 | ④ スパッタリング |
| ⑤ オージェ電子 | ⑥ X線回折 | ⑦ 反跳 | ⑧ 光電効果 |
| ⑨ 二次電子 | ⑩ 特性X線 | ⑪ 発光 | ⑫ レイリー散乱 |

II 群

- | | | | |
|------------|-----------|-----------|----------|
| (1) XRD | (2) ERDA | (3) FT-IR | (4) EPMA |
| (5) SIMS | (6) AES | (7) RBS | (8) XPS |
| (9) GD-OES | (10) PIXE | | |

金属B解答用紙

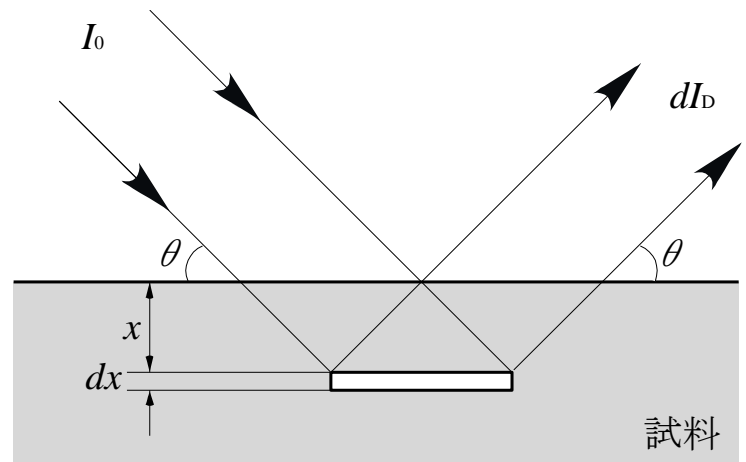
問題5 解答欄

a	b	c	d	e
A	B	C	D	E

金属B問題用紙

問題6 薄膜の構造や配向性を解析する方法として、X線回折法があるが、適用するX線の種類(エネルギー)によって、深さ方向の分析領域がどの程度になるかを理解しておくことは重要である。以下では、X線回折法において、X線の侵入深さを見積もる計算式を導出する。次の(1)から(5)の問いについて、それぞれの答えを解答欄に記入しなさい。

右図に示すように、強度 I_0 の平行ビームX線を、試料に角度 θ で入射させる。そのX線が試料内部の表面から深さ x のところにある厚さ dx の粉末層で回折し、試料から角度 θ で脱出したときの強度を dI_D とする。



(1) 試料に入射したX線は、表面から深さ x のところにある厚さ dx の粉末層に到達するまでに試料に吸収され減衰する。入射X線に対する試料の線吸収係数を μ とすると、粉末層に到達した時の入射ビームの強度 I を、 I_0 、 μ 、 x 、 θ を用いて表しなさい。なお、強度 J_0 のX線が、厚さ t の試料を通過した後の強度 J は、入射X線に対する試料の線吸収係数を μ とすると、 $J = J_0 \exp(-\mu t)$ で与えられる。

(2) X線が照射される粉末層の面積は、入射ビームの断面積の何倍になるか。 θ を用いて表しなさい。

(3) 入射ビームを反射するような正しい方向にある結晶粒の体積比率を a 、単位体積の結晶によって回折される強度の入射強度に対する比率を b 、(2)の答えを L とすると、今考えている粉末層で回折されるビームの強度は、 $abLI dx$ で与えられる。この回折ビームが、表面に達するまでに再度試料に吸収されて表面から脱出したときの強度 dI_D を、 a 、 b 、 L 、 I 、 μ 、 x 、 θ 、 dx を用いて表しなさい。

(4) 全回折強度 I_D は、無限大の厚さを持つ試料に対して積分することによって求めることができる。(3)の答えの I および L に、それぞれ(1)および(2)の答えを代入し、 $x = 0$ から ∞ まで積分することにより、全回折強度 I_D を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

(5) (4)の答えは、無限の厚さの試料によって回折された全回折強度 $I_D = I_D^{x=\infty}$ を示している。しかし、実際には、ある深さ h までの表面層による回折強度 $I_D^{x=h}$ が観測されていると考えると、この深さ h をX線侵入深さとみなすことができる。全回折強度に対する、深さ h の表面層による回折強度の比 $I_D^{x=h} / I_D^{x=\infty}$ を G_x とすると、X線侵入深さ h を、 μ 、 θ 、 G_x を用いて表しなさい。なお、自然対数は \ln で表記し、計算過程も示しなさい。

金属B解答用紙

問題6 解答欄

(1)	(2)	(3)
	倍	
(4)		
(計算過程)		(答え)
(5)		
(計算過程)		(答え)

金属B問題用紙

問題7 次のドライプロセスによる薄膜形成法の原理について、それぞれ100字程度で概略を述べなさい。答えは解答欄に記入しなさい。

- (1) スパッタリング法
- (2) イオンプレーティング法
- (3) プラズマCVD法

金属B解答用紙

問題 7 解答欄

(1)	
(2)	
(3)	